

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J 37/317	B	9172-5E		
37/20	E			
H 0 1 L 21/265				
21/68	N	8418-4M		
		8617-4M	H 0 1 L 21/ 265	E
				発明の数1(全 6 頁)

(21)出願番号	特願昭58-90839	(71)出願人	999999999 バリアン・アソシエイツ・インコーポレイ テッド アメリカ合衆国 カリフォルニア州 パ ロ・アルト、ハンセン・ウエイ 611番地
(22)出願日	昭和58年(1983)5月25日	(72)発明者	スコット・シー・ホールデン アメリカ合衆国マサチューセッツ州マンチ エスター・ユニバーシテイ・レイン (番地 なし)
(65)公開番号	特開昭58-213440	(74)代理人	弁理士 竹内 澄夫
(43)公開日	昭和58年(1983)12月12日		
(31)優先権主張番号	3 8 1 6 6 8		
(32)優先日	1982年5月25日		
(33)優先権主張国	米国 (U S)		
審判番号	平2-13275	審判の合議体	
		審判長 山口 隆生	
		審判官 小暮 与作	
		審判官 峰 祐治	
		(56)参考文献	特開 昭55-82771 (J P, A) 特開 昭55-127034 (J P, A)

(54)【発明の名称】 薄く柔軟な物品から熱を除去する装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】放射流速の下において、平坦な物品から熱を除去する装置であって、a) 前記物品からの移動熱を除去するための熱シンク手段であって、非平面であり、非球面状の凸状接触面を有するところの熱シンク手段と、  
b) 前記平坦な物品の周囲部分を前記接触面に締め付ける締付手段と、  
から成り、  
前記物品が、半径が $r_0$ で厚さが $t$ のディスクであり、  
前記周囲部分が、前記ディスクの周囲における狭い連続した領域であり、  
前記接触面が一般的な式

$$y(r) = y_{max} \alpha \left[ \left( \frac{r}{r_0} \right)^4 - \beta \left( \frac{r}{r_0} \right)^2 \right]$$

で表され、ここで、 $\alpha = (1 + \nu) / (5 + \nu)$  で、 $\nu = 2(3 + \nu) / (1 + \nu)$  であって、 $\nu$  はポアソン比であり、 $y_{max}$  はディスクの最大偏差であり、 $y$  は半径座標  $r$  における半径座標方向平面からの前記接触面の高さであり、  
前記締付手段が、前記ディスクの外表面凸状表面でその弾性限界に近い緊張応力を生じさせるために前記接触面と協働する、  
ことを特徴とする、平坦な物品から熱を除去する装置。

【請求項2】前記ディスクが半導体ウェーハである、特許請求の範囲第1項記載の、平坦な物品から熱を除去する装置。

【請求項3】イオン源、およびイオンビームを前記イオン源から前記半導体ウェーハに向ける手段、並びに前記イオン源、前記イオンを向ける手段、前記熱シンク手段および前略締付手段を囲む真空チェンバーを有し、前記熱シンク手段が、前記イオンビームで照射されている間、前記半導体ウェーハから熱を除去する、特許請求の範囲第2項記載の、平坦な物品から熱を除去する装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 発明の分野

本発明は目的物及び熱貯蔵器を含む熱移送装置に関するもので、特に、イオン注入、スパッタリング等によつて処理される半導体ウェーハの冷却に関するものである。

##### 発明の背景

加工品が高放射流束を受ける処理工程において、その加工品内に出る熱はその処理に対して限界を与える因子となるものであろう。特に、半導体材料のイオン注入に対して、加工品の温度に上限があることがいくつかの理由のために認められている。ウェーハがリングラフ処理の一部としてレジスト層でコートされる場所では、その層は、100℃をかなり越えて上昇した温度では劣化又は変質するであろう。前に形成された半導体ウェーハ内の、明確に変化した特性を有する領域は、そのウェーハが長く放射線を受けると不所望の拡散受けか、又は前に注入などを受けた領域は焼なましを早く受けることになるであろう。

従つて、イオン注入処理等の結果によつて中に発生する熱を半導体ウェーハから除去することが重要なことである。

イオン注入の間、半導体ウェーハを凸状に曲がつたプラテンに締め付けることによつて半導体ウェーハを能動的に冷却することは、従来技術において知られている。そのプラテンは、その表面上に柔軟な熱伝導性材料のコーティングを有している。そのプラテンと協働する締付けリングが、凸状に曲つたプラテンの適合的 (compliant) な表面に対して半導体ウェーハをしつかりと押し付けるように配置され、その締付けで、ウェーハからプラテン内に設けられた能動的冷却手段への熱エネルギーの移動が一段とおこなわれる。このような装置は、本発明と共に譲渡された米国特許第4, 282, 924号明細書に記載されている。

前述の技術は伝導機構に基づいて熱移送をおこなうものである。熱エネルギーは、ウェーハに吸収される入射ビームの運動エネルギーによつてウェーハの外表面の近傍で生じる。従つて、熱移送をウェーハ材料を介しておこなう必要があるので、ウェーハ材料の熱伝導特性の中に潜在的に熱伝導性の第1成分が存在する。(簡単化のために熱がウェーハの厚さを通して通過すると仮定している。) 同様に、ウェーハとウェーハ接触するプラテン表面の間で、次に循環冷却流体用の冷却チャネルが配置さ

れたプラテンの内部領域を通つて熱移動をおこなわせるために、プラテンは熱伝導特性の特徴を有する材料から成る。ウェーハとプラテンとの間の中間接触領域において、熱移動特性への明確な寄与が存在する。この領域の熱伝導は、ウェーハとプラテンとの間の実際の接触面積にほぼ比例し、2つの材料の平均熱伝導率に反比例する。微視的なスケールでは、それらの表面は、完全に平らではなく、不規則な方向を有している。材料の硬度及び各々の接触表面の表面地形分布における仮定に基づくことにより、接触面積は微視的測定で計算することができるが、しかし、実際には巨視的な面積のほんの一部にすぎない。真空中における固体間の伝導熱移動理論はクーパー、マイキツク及びヤバノビツクによつて展開されている (Int. J. Heat and Mass Transfer. 12巻、279-300頁 (1969) )。そこでは、接触熱伝導が、伝導性及び実際の接触面積に依存することが示されている。その実際の接触面積は、接合しあふ表面における平らでない部分の表面密度及びその材料の弾性又可塑性適合性 (compliance) に順に依存するものである。上に働く押し付けられた力により、不規則性はまず相互に接触するように、又はほぼ合致するように変形され、より多くの接触面積が生成されるであろう。より多くの接触面積による所望の効果は、ウェーハによつて支え得る最大応力によつて限定される。米国特許第4, 282, 924号明細書において、プラテンは、高熱容量金属体で構成され、特に特定しないが凸状に曲がつている、ウェーハと接触する熱伝導適合 (compliant) 材料外層が接合されている。従つて、ウェーハの小さな不規則性のある部を収容すべく変形する表面層を備えている。この例では、その適合 (compliant) 材料を通過する熱通路の長さにおいて更に幾何学的な属性が存在する。その長さは、接触圧力の増加とともに比例して短くなるものである。この効果は最初に現れるが、しかし、通常生ずる僅かな変形では全く小さなものである。

境界面の熱インピーダンスに影響を与えるいろいろな効果は、熱シンクに関して所定のウェーハ温度を保つことが望ましい所で選択的に制御可能な熱インピーダンスを与えることで認められた。この属性の例が、これと共に譲渡され、出願された米国特許第4, 453, 080号明細書で議論されている。

##### 発明の目的

従つて、本発明の目的は、イオン注入の間、半導体ウェーハを効果的に冷却するための改質された装置、特に一様にこのような冷却をおこなう装置を提供することである。

##### 発明の概要

放射流束を受ける半導体ウェーハ用の改良された熱移動装置は、ウェーハをその周囲で好適に締め付けるプラテンを含んでいる。そのプラテンは、ウェーハの表面上の場所に依存しないで、熱をウェーハを通してプラテンに

移動させることを最適にする輪郭を有している。ウェーハとプラテンとの間の接触圧力分布が、ウェーハをプラテンに締め付ける締め付け手段によつて限定された境界条件に対して、ウェーハの残りの表面全体にわたつて一様であるところの表面に対応するように、ウェーハと合致する輪郭が計算される。接触圧力の大きさは、ウェーハが後で割れることなく許容し得る大きさまで最大化される。

1つの実施例において、プラテンは剛直な金属部材及びその上に接合される適合 (compliant) 層から成る。その適合層の特性及び接合表面でのその部材の内側輪郭によつて、上述した必要条件を満たす外側輪郭は制御される。

どちらのアプローチにおいても、プラテンは、そこから熱を効果的に除去するための能動的な冷却手段を好適に含んでいる。

#### 好適実施例

本発明の概要は、典型的なイオン注入装置を図示している第1図に良く示されている。高電圧ターミナル2が、アースに関して典型的に+10kevから+20kevまでの選択可能な電圧に保たれている。ターミナル2内に、イオン源8及びそれと組み合う電源10が配置され、本発明の目的に関して詳説する必要のない抽出、プローブ及び集束電圧が備えられている。典型的に、イオン源はガス状原料を必要とするガス取扱装置で作動し、その装置はいくつかのガスシリンダの間で選択するため及び選択されたガスを制御して漏出することによりイオン源に供給するために使用されてもよいものである。イオン源8から発散する高流束イオンビーム18が分析磁石20で運動量分析され、その磁石から流出し、穴22によつて成形され、更に可変なスリットシステム24によつて限定される。そのビームは次に、加速管26内のアース電位へ加速される。四重極子二重レンズのような光学的要素28は、空間集束をターゲット面56又は58に生じさせるためにビームに作用する。第1図の典型的な装置は静電偏向装置を利用している。その静電偏向装置は、選択されたターゲット面全体にビーム18を向けるためのy偏向板40及びx偏向板42を含んでいる。所望の走査パターンを形成するために板40及び42に印加される波形が走査装置で形成される。二重チャネルターゲットチエンバ46は、処理される製品を覆うために備えられている。各々の処理チャネルに対

してビーム形成スリット48及び49が、そして電荷収集及び集成に対してファラディケージ50及び51が、そのターゲットチエンバの中に含まれている。供給チャネル52及び54を含む自動ウェーハ取扱装置が作動すると、2つの処理チャネルには、時間をずらしてターゲットチエンバ内に導入するための2つの真空ロックの各々通つて1度に1つ半導体ウェーハが導入される。そのウェーハ取扱装置は、処理の間にウェーハを適切に位置付けし、揃え、冷却し、処理終了後にチエンバから処理されたウェーハを取り除く。そのウェーハ取扱装置は、これと一緒におこなつた一連の出願の中に記載されている。

イオンビームが横切る全領域が高真空に、例えば、典型的には $10^{-6}$ mm. hgのオーダの圧力に保たれることは理解されよう。

第2A図に示されているように、ウェーハ62の周囲に加えられる締め付け力Lがウェーハ表面全体にわたつて異なる分布の接触力となることがわかるであろう。このことはウェーハに異なる荷重を生じさせる。そこにおける異なる荷重は、任意の凸面外形65を有するプラテン64によつて形成される。局所の応力は、ベクトル成分66により記号にして示されている。ウェーハ62とプラテン64との境界の熱伝導性は、プラテンに向けてウェーハ上加えられる接触力、並びにその材料の熱的及び機械的特性の関数である。上述したように、このことは一部にはウェーハとプラテンの両方の微視的な材料の特徴である微視的な表面の荒さ及び圧縮率並びに印加力に比例して変化し得る各々の材料における接触面積のためである。第2A図のような、典型的に周囲で締め付けられたウェーハを冷却する凸状の球面形のプラテンにおいて、比較的温度上昇した領域が、局所的な接触圧力の減少のために、処理の間ウェーハの中心領域において広く進んでいくことがわかっている。

最適なプラテンの輪郭は、周囲にそつて支持されている一様に荷重された薄いディスクを記述する微分方程式によつて一義的に描ける。この問題は、マルガリーとウォールンル (MarguerreとWoernle) によつて議論されている ('弾性板' 第11章, プライスデル出版社、ウォルサム、マサチューセッツ州、1969)。これを参照すると、一様に荷重された周囲で支持されている薄い柔軟なディスクに対する偏差 (deflection)  $y(r)$  は

$$y(r) = \left( \frac{p}{Et} \right) \frac{3(1-\nu^2)}{16} \left( r^4 - \frac{D^2(3+\nu)}{2(1+\nu)} r^2 \right) \quad (1)$$

$\nu$  = ポアソン比

である。ここで

r = 動径位置

D = 2r<sub>0</sub> (ウェーハ直径)

t = ウェーハの厚さ

p = ウェーハに印加される力

E = 弾性係数

上記式(1)によつて記述される偏差は、処理中に感知される最適な接触冷却に対する規準、例えば、ウェーハに印加される一様な接触圧力分布を満たす。このように、ウェーハをプラテンにウェーハの周囲に沿って締め付けるとき、プラテンの表面が式(1)により表される

形状を採りさえすれば、ウェーハとプラテンとの接触圧力は一樣になるのである。ウェーハからプラテンへの熱移動を最大にするために、ウェーハとプラテンの間の接触力を最大にすることが更に望ましい。最大の接触力には、そのウェーハ材料の特性によつて制限を受ける。ウェーハが凸状面のために変形されるので、応力の接線方向成分（法線方向の接触力に関して接線方向成分）は、

$$\sigma = p \left( \frac{r_0}{t} \right)^2 \left\{ \frac{3}{8} (3 + \nu) \right\} \quad (2)$$

で与えられ、その最大圧力は、以下の式のようにウェー

曲げが強制され、それによりウェーハの内側面近傍を圧縮し、その外側（凸状）面近傍を緊張させる。各々の表面における応力の接線方向成分は、設計上のパラメータに範囲を与える大きさ（特に、外側面における緊張応力）を表している。

一樣に荷重された薄い柔軟なディスクに対して、このように形成された偏差から生ずる最大の表面圧力は、

$$p = \left( \frac{t}{r_0} \right)^2 \left( \frac{8}{3} \right) \left( \frac{1}{3 + \nu} \right) \sigma_{\max}$$

ここで、

$p$  = 接触力

$\nu$  = ポアソン比

$\sigma$  = 外側面における緊張応力

ハが安全である最大緊張応力によつて制限を受ける。

$\sigma_{\max} = r_0, t$ を与えたときに耐え得る最大緊張圧力

式（2）に従う一樣に荷重された薄い柔軟なディスクに対して、最大偏差が以下のように与えられる。

$$y_{\max} = p \frac{3 D^4}{256 E t^3} \frac{(5 + \nu)(1 - \nu^2)}{(1 + \nu)} \quad (3)$$

$\sigma_{\max}$ を使うと、

$$y_{\max} = \frac{D^4}{r_0^2 32 E t} \frac{(5 + \nu)(1 - \nu)}{(3 + \nu)} \sigma_{\max}$$

となる。

デイメンジョンをなくした式が、プラテンに対する所望の外形を記述する式（3）で式（1）を割ることによつて与えられる。

$$\frac{y(r)}{y_{\max}} = \frac{(1 + \nu)}{(5 + \nu)} \left\{ \left( \frac{r}{r_0} \right)^4 - \frac{2(3 + \nu)}{1 + \nu} \left( \frac{r}{r_0} \right)^2 \right\} \quad (4)$$

従つて、式（4）は、ウェーハの表面全面にわたつて一樣な熱移動をおこない且つウェーハからの最大熱移動をおこなう共同条件を表している。このように、ウェーハの周囲に沿つて、すなわちウェーハの周囲を押さえ付ける締付手段によりウェーハをプラテンに締め付けるとき、ウェーハとプラテンの接触圧を一樣にするためには、プラテンの接触面は式（4）により表される形状をもたなければならず、すなわちその接触面は一義的に決定されるのである。式（4）がヤング率に依存しないこと、ポアソン比がいろいろな材料にほとんど変化しないことに注意すべきである。式（4）は提唱した目的に対して一律に応用可能な輪郭を表わしている。実際の使用において、 $y_{\max}$ の値は曲線の大きさ（amplitude）又はスケールに拘束を与えるが、しかし、いろいろ異なつたウェーハ材が熱移動特性に実質的な犠牲を強いることなく収納し得ることも注意すべきである。

従つて、第2B図において、本発明のプラテン70は、式（4）によつて記述される表面の輪郭を有する。ウェーハ72は、周囲の締付けリング74によつて締付け力Lをもつてプラテン70に押し付けられている。冷却チャネル76は、熱を一層除去するためにプラテンに備えられてい

る。ベクトル成分78によつて象徴的に表わされた応力分布は、周囲の締付けの境界条件及びウェーハ72と輪郭71とを合致させることによつて課せられる一樣な一定力の荷重のために、ウェーハ全体にわたつて一樣であることがわかる。全ウェーハ表面全体にわたつて接触をおこなうための一定力 $L_0$ の大きさに対して、接触圧力は、Lの更なる増加に対して変化しない値と仮定している。接触力の更なる増加 $\Delta L$ は、荷重分布に影響を与えることなくウェーハを通過して基板に単に移される。

他の実施例（第2C図）として、プラテン組立体は、剛直な部材であるプラテン80と適切な熱伝導コーティング82とから形成されてもよい。プラテン80の中間の輪郭90は、ウェーハ86が受ける荷重及び適合材料82の特性を考慮に入れて決定される。その荷重は、設計荷重条件の下でのウェーハ86とプラテン80との間の境界の輪郭84を、ウェーハをプラテンに締付けることによつて決定される境界条件に対してプラテンーウェーハ境界の面全体にわたつて一樣な接触圧力分布を形成する所望の輪郭と合致させるために課せられるものである。最も簡単なアプローチとしては、一樣な厚さの適合材料の層を、境界の輪郭84と中間の輪郭90が実質的に同一となるようにその中

間の輪郭90に接触させることである。一般的な場合において、圧縮された適合材料が、増加する周囲の荷重のために径方向の厚さの分布を示すことになるであろうし、複雑な設計上の手順を必要となるであろう。そのような設計はコンピュータモデルで繰返し手順により容易に成し遂げられる。そのコンピュータモデルにおいては、裸プラテンの中間輪郭90を表す関数 $y_1(r, \theta)$ は、適合材層82の偏差を考慮に入れて、所望の外周輪郭を形成するために変化される。連続した周囲の締付けによつて定められた境界条件に対して、 $\theta$ 依存性はなくなり、これらの関数は放射状に対称となる。

加工品の大きさを有する典型的なシリコンウエーハ（直径100mm、厚さ525ミクロン）に対して、562.46Kg/cm<sup>2</sup>（8000psi）の緊張ボンディング応力が許容できる。式（4）によつて与えられる輪郭の大きさとして、最大偏差0.134cm（0.0529inch）が取られる。0.471Kg/cm<sup>2</sup>（0.67psi）の一定圧力がそのように輪郭付けされたアルミニウム（6061-T6）製の熱シンクに向けて保たれている。その熱接触抵抗は真空中で約65℃/watt/cm<sup>2</sup>であるとわかっている。1つの具体例において、アルミニウム製プラテン体、適合基板及び典型的なウエーハは、それぞれ0.31、2.11、0.33-0.074℃/watt/cm<sup>2</sup>となる。全熱インピーダンスへの主要な寄与は接触インピーダンスと予想されるが、しかし、熱接触抵抗の実値は、熱シンク及びウエーハの両表面特性に完全に依存する。軟質なアルミニウム又はインジウムは、この目的に対して優れた特性を有するものと信じられている。柔軟な材料は、表面微粒子を許容し得る利点を有するという良い特性を与える。

本発明の関連した態様としては、ガスがウエーハープラテン境界領域内に導入され、熱移動を強めるための接触圧力とほぼ等しい圧力にすることである。この問題の材料はこれと一連の出願に記載されている。

他の締付け装置もまた考えられ得る。他の1つのこのような締付け装置は、対称的に離散した点で、すなわち第3図の例に示されているように、ウエーハの周囲にそつて等しく間隔おいた3点で等しい締付け力 $L$ をウエーハに加えておこなうものである。このような場合、複雑なサドル形の輪郭が結果的に生じる。すなわち、そのウエーハは、 $\theta$ がその周囲のまわりの方位角であるところの表面 $y(r, \theta)$ に変形されるだろう。このような表面は、前記したマルガリーとウォールンルを参照すれば計算できる。プラテン108は、最大偏差の条件によつて更に強要されるこのようなサドル形輪郭に与えられる。このようにプラテンの接触面に形状は、締付け装置によりことなるが、締め付け条件により決定される方程式により一義的に決定されるのである。この意味で、プラテンの接触面の形状は締め付け装置と協働するものという。必要で複雑な輪郭を形成することは、多重軸機械削り技術を用いることにより即座に得ることが可能である。他の

例としては、プラテン108を前述した実施例のような適合材層を有するものに形成してもよく、必要とするより複雑な計算で輪郭を望ましいものにしてもよい。この離散した締付け実施例において得られる利点は、付加的なウエーハ領域がウエーハ上におけるデバイスの製造に対して接近可能となることである。幅 $\omega$ の連続した周囲の締付け部と全表面との分数をとると、

$$\frac{2\pi r_0 \omega}{\pi r_0^2} = \frac{2\omega}{r_0}$$

となり、これは典型的な $\omega$ （2mm）及び $r_0$ の値の数パーセントのオーダーである。この実施例は、これと一連になされた出願の目的とするところである。

説明がウエーハと熱シンク部材との間の一樣な接触圧力を得ることに向けられているけれども、他の所望の分布が同様にして得ることができることも明瞭に理解されよう。例えば、温度勾配が、議論された例よりも他の特別の処理工程に対して必要となるであろうし、対応した接触力分布は接触輪郭を適当に設計することによつて得られよう。

説明は、イオン注入の間に、半導体ウエーハから熱を除去することを内容として構成されてきた。イオン注入が、本発明が適する放射処理の単なる一例であることはすぐにわかるであろう。更に、薄い柔軟なディスクからの熱伝導移動は、このような材料への熱伝導移動に密接に関連している。従つて、薄い柔軟な加工品を加熱するような処理もまた、本発明による同様の利点を受けるであろう。

#### 発明の効果

本発明の平坦な物品から熱を除去する装置は、平坦な物品（ウエーハ）を処理する装置において、締付手段によりウエーハが、特定の方程式により表される特定の接触面でもつて熱シンク手段に締め付けられるので、それらの間の接触圧の分布を一樣にすることができ、熱の移動を一樣にすることができ、かつその特定の方程式がヤング率に依存せず、ポアソン比がいろいろな材料によつてほとんど変化しないから、その接触面が一義的に決定でき、いろいろ異なったウエーハ材によらず一義的にウエーハをその弾性限界近くまで締め付けることができる。さらに、締付手段によるウエーハの弾性限界に近くまでウエーハが熱シンク手段に締め付けられるので、その熱移動は最大とすることができ、かつウエーハを割ることがない。

#### 【図面の簡単な説明】

第1図は、本発明を含む典型的なイオン注入装置の略図である。

第2A図は、最適でない輪郭のプラテン及びその上におけるウエーハ締付けの略図である。

第2B図は、本発明の効果の説明図である。

第2C図は、本発明の他の実施例の説明図である。

第3図は、他の締付けの実施例の説明図である。

〔主要符号の説明〕

62……ウエーハ、64……プラテン

65……輪郭、66……ベクトル成分

70……プラテン、71……輪郭

72……ウエーハ、74……締付けリング

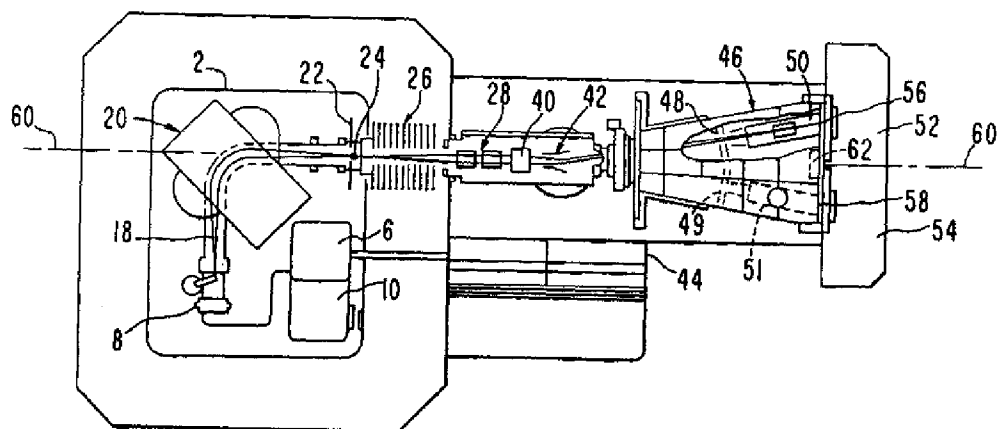
76……冷却チャネル、80……プラテン

82……適合材層、84……輪

86……ウエーハ、88……締付けリング

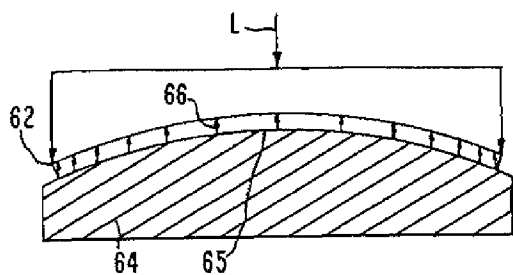
90……輪郭、108……プラテン

【第1図】

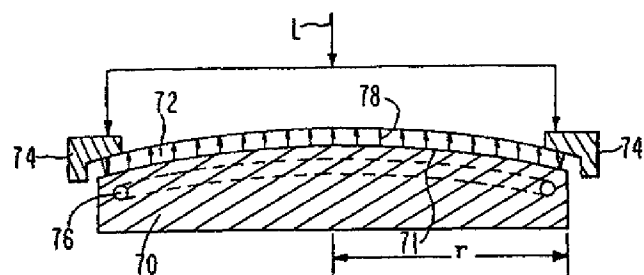


【第2 A図】

【第2 B図】



【第2 C図】



【第3図】

